



PCT
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : B23K 26/12, 26/00	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 95/32834 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 7. December 1995 (07.12.95)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/IB95/00390 (22) Internationales Anmeldedatum: 22. Mai 1995 (22.05.95) (30) Prioritätsdaten: P 44 18 845.5 30. Mai 1994 (30.05.94) DE (71)(72) Anmelder und Erfinder: RICHERZHAGEN, Bernold [DE/CH]; 15b, chemin de l'Ochettaz, CH-1025 Saint-Sulpice (CH). (74) Anwalt: KELLER & PARTNER; Patentanwälte AG, Markt- gasse 31, Postfach, CH-3000 Bern 7 (CH).		(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.

(54) Title: DEVICE FOR MACHINING MATERIAL WITH A LASER

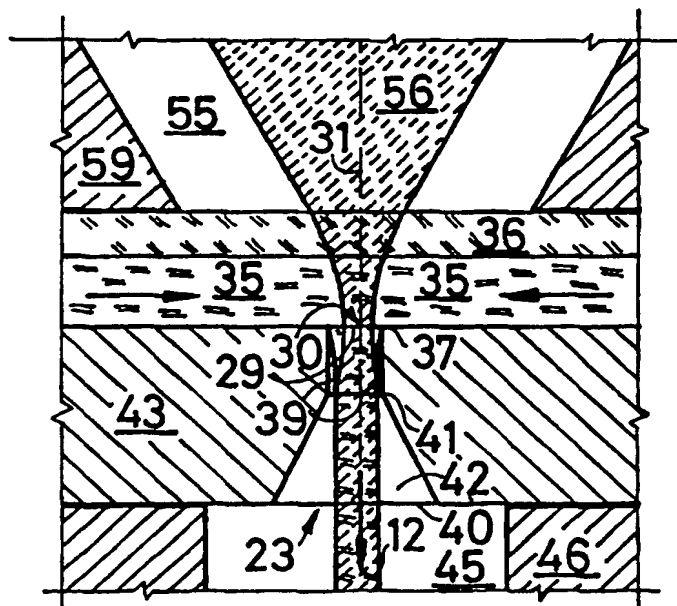
(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR MATERIALBEARBEITUNG MIT EINEM LASER

(57) Abstract

The proposed device for machining material has a laser and a machining module for forming a fluid jet (12) and for injecting the laser beam focused by means of a focusing unit into the fluid jet (12). The type of fluid chosen has a sufficiently low radiation absorption coefficient. The flow rate of the fluid in the path as far as the laser-beam injection point, which is situated preferably in the region of the focusing cone apex, is set sufficiently high to ensure that no thermal lens can form in the fluid region between the focusing optics and the focus, since a thermal lens would divert portions of the beam to the nozzle wall and damage it. The rate of removal of the machined material can be substantially increased if an electrically insulating nozzle and fluid is used and the flow rate set at a sufficiently high level to allow the fluid jet to become electrically charged.

(57) Zusammenfassung

Die Vorrichtung zur Materialbearbeitung hat einen Laser und ein Bearbeitungsmodul zur Formung eines Flüssigkeitsstrahls (12) sowie zur Einkopplung der mit einer Fokussiereinheit fokussierten Laserstrahlung in den Flüssigkeitsstrahl (12). Die Art der Flüssigkeit wird derart ausgewählt, daß sie einen ausreichend kleinen Strahlungsabsorptionskoeffizienten aufweist. Die Flüssigkeitsströmungsgeschwindigkeit im Strahlengang in Strahlrichtung bis zum Einkoppelort, bevorzugt im Bereich der Fokussierkegelspitze, ist derart hoch vorgegeben, daß im Flüssigkeitsbereich zwischen Fokussieroptik und Fokus keine thermische Linse bildbar ist. Eine thermische Linse würde nämlich Teile der Strahlung an die Düsenwandung leiten und diese beschädigen. Wird eine elektrisch isolierende Düse und Flüssigkeit verwendet und die Strömungsgeschwindigkeit derart hoch gewählt, daß eine elektrische Aufladung des Flüssigkeitsstrahls erfolgt, so kann die Materialabtragsrate wesentlich erhöht werden.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

- 1 -

5

10

15

Vorrichtung zur Materialbearbeitung mit einem Laser

20 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Die Laserstrahlung wird in vielfältiger Weise zur Materialbearbeitung in der Industrie - Schneiden, Bohren,
25 Schweißen, Markieren und Materialabtragung - verwendet. Es sind nahezu alle Materialien wie z. B. Stahl, Stahllegierungen, NE-Metalle, Kunststoffe und Keramiken bearbeitbar.

Bei fast all diesen Verfahren wird der Laserstrahl mittels eines optischen Elements, wie z. B. einer Linse, auf
30 das zu bearbeitende Material fokussiert, um die für den Bearbeitungsvorgang notwendige Intensität zu erzeugen. Aufgrund dieser zwingenden Strahlungsfokussierung war ein Arbeiten lediglich am Ort des Fokuspunkts oder in dessen unmittelbarer Umgebung möglich.
35

Aus der DE-A 36 43 284 ist ein Verfahren zum Schneiden eines Material mit einem Laserstrahl bekannt, bei dem dieser

- 2 -

in einen auf das zu schneidende Material gerichteten Wasserstrahl eingekoppelt und innerhalb diesem geführt wurde. Die Strahlungszuführung erfolgte über einen Strahlungsleiter (Fiber), dessen eines Ende in den in einer Düse erzeugten Wasserstrahl hineinragte. Der Durchmesser des Wasserstrahls war größer als derjenige des Strahlungsleiters. Die bekannte Vorrichtung hatte den Nachteil, daß der Durchmesser des Wasserstrahls niemals kleiner sein durfte als derjenige des Strahlungsleiters.

10

Um jedoch eine hohe Intensität am Bearbeitungsort zu erhalten, ist ein möglichst kleiner Strahldurchmesser notwendig. Je kleiner der Strahldurchmesser, mit desto geringeren Ausgangsleistungen der Laserstrahlungsquelle kann gearbeitet werden. Je kleiner die Ausgangsleistung des Lasers, desto geringer sein Anschaffungspreis.

Ein weiterer Nachteil der Vorrichtung der DE-A 36 43 284 ergab sich durch das in den Wasserstrahl hineinragende Strahlungsleiterende. Unterhalb des Leiterendes bildete sich nämlich ein Totwassergebiet, welches u. a. Störungen in der Strömung erzeugte, welche sich über die Länge des Wasserstrahls exponentiell verstärkten und schließlich zu dessen Zertropfen führten. Daher war es mit dieser Vorrichtung unmöglich, laminare, kompakte Strahllängen von über 30 mm zu erhalten.

Es wurde nun in der EP-A 0 515 983 versucht, die obigen Nachteile zu beheben, in dem eine Wasserdüse konstruiert wurde, welche den Strahlungsleiter nicht mehr direkt enthielt. Vor der den Wasserstrahl formenden Düse befand sich eine Wasserkammer mit einem Wassereinlaß und einer die Kammer gegenüber dem Düseneintritt abschließenden Fokussierlinse. Diese Fokussierlinse ist Teil eines optischen Systems, mit dem die aus einem Strahlungsleiter austretende Strahlung in den Düsenkanal der Düse fokussierbar war. Die Kammer war derart ausgebildet, daß das in ihr befindliche Wasser für den Wasserstrahl sich quasi im Stillstand, d. h. in einem

- 3 -

entspannten Zustand, befand.

Es hat sich nun gezeigt, daß diese zweite Ausführungsvariante eines in einen Wasserstrahl einzukoppelnden Laserstrahls unkontrollierbare Beschädigungen an der Wand der Düse im Umgebungsbereich des Düsenkanaleintritts hervorrief.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung zu schaffen, mit der ein Laserstrahl optimal in einen Flüssigkeitsstrahl zur Materialbearbeitung einkoppelbar ist, ohne die den Flüssigkeitsstrahl erzeugende Düse durch die Strahlung des Lasers zu beschädigen.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß der mit der Fokussieroptik in den Bereich der Düse fokussierte Laserstrahl je nach Intensitätsverteilung in der Flüssigkeit diese mehr oder weniger stark erwärmen kann. Flüssigkeitsbereiche mit unterschiedlichen Temperaturen, einem räumlichen Temperaturgradienten, weisen nicht nur eine räumlich spezifische Dichteverteilung, sondern auch eine räumliche Brechungsindexverteilung auf. D. h. Flüssigkeiten mit einem räumlichen Temperaturgradienten reagieren optisch als Linse und im Fokussierkegel eines fokussierten Laserstrahls in der Regel als Zerstreuungslinse.

Eine "zeichnerisch optimale" Einkopplung der Laserstrahlung in einen in einem Düsenkanal erzeugten Flüssigkeits- (Wasser-) Strahl, wie in Figur 2 der EP-A 0 515 983 gezeigt, wirkt nun leider nicht so wie vermutet. Bei der in der EP-A 0 515 983 gezeigten Anordnung bildete sich nämlich im Bereich der Fokussierkegelspitze oberhalb des Düsenkanaleintritts eine thermische Linse aus, welche den dort gezeigten Ort des Fokuspunkts nach oben verschob sowie den Fokusedurchmesser stark vergrößerte. Hierdurch traf ein Teil der Laserstrahlung im Fokussierkegel auf die Düsenwandung, insbesondere auf die dem dort verwendeten Flüssigkeitsstauraum zugewandte Düsenoberfläche. Durch die hohe Intensität, welche nun einmal für die Materialbearbeitung benötigt wird, wurde

nun die Wandung der Düse beschädigt.

Nachteilig wirkte sich bei der aus der EP-A 0 515 983 bekannten Konstruktion zudem aus, daß als Flüssigkeit Wasser und als Laserstrahlung diejenige eines ND:YAG von 1,064 μm verwendet wurde. Diese Strahlung wies nun gerade in Wasser eine nicht zu vernachlässigende Absorption auf. Der Wasserbereich im oberen Bereich der Pyramidenspitze der fokussierten Strahlung (Spitzenbereich des Fokussierkegels) wurde entsprechend der Intensitätsverteilung (hohe Intensität in der Achse und geringe an den Rändern) erhitzt und es entstand die oben vorausgesagte thermische Linse, welche zu Beschädigungen der Düsenwandung, insbesondere der Düsenoberfläche im Bereich des Düsen Eintritts und letztendlich zur Zerstörung der den Flüssigkeitsstrahl erzeugenden Düse führte.

Nicht nur die Verwendung von Wasser verschlechterte den Einkopplungswirkungsgrad, sondern auch die gesamte konstruktive Gestaltung der Flüssigkeitskammer vor dem Düsen Eintritt. Es wurden nämlich, wie auf Seite 7, Zeilen 32 ff. und Seite 9, Zeilen 41 ff. ausgeführt ist, Anstrengungen unternommen, vor dem Düsen Eintritt möglichst einen Stillstand der Flüssigkeit zu erreichen. Gerade dieser Flüssigkeitsstillstand ermöglichte bzw. verstärkte die Ausbildung der thermischen Linse. Es wurde nämlich die durch (bereits geringe) Strahlungsabsorption erwärmte Flüssigkeit nicht schnellstens weggeführt, damit sie sich nicht noch stärker erwärmen konnte, wodurch der Linseneffekt reduziert worden wäre, sondern im Gegenteil erfolgte durch die fortschreitende Erwärmung noch eine Verstärkung der Brechkraft einer sich bildenden thermischen Linse.

Einen anderen Weg geht jedoch die Erfindung. Hier wird alles daran gesetzt, daß möglichst keine thermische Linse entstehen kann bzw. deren Wirkung stark minimiert wird. In der Erfindung wird eine Flüssigkeit verwendet, welche eine möglichst kleine Absorption bei der verwendeten Laserstrah-

- 5 -

lung hat, nämlich ein Silikonöl bei der Strahlung des ND:YAG-Lasers.

5 Ferner ist der konstruktive Aufbau des die Düsenanordnung und die Fokussiereinheit enthaltenden Bearbeitungsmoduls derart gewählt, daß auch bei einer nicht zu vernachlässigenden kleinen Strahlungsabsorption der Effekt einer thermischen Linse, sofern er überhaupt auftreten sollte, minimal und somit vernachlässigbar bleibt.

10

Die Erfindung schlägt nämlich vor, die Flüssigkeit aus dem Bereich des Fokussierkegels der Laserstrahlung, insbesondere aus dessen Spitzenbereich möglichst schnell herauszubringen, um eine Aufwärmzeit so klein wie irgend möglich zu halten. Die besten Ergebnisse werden selbstverständlich bei einer kurzen Verweilzeit der Flüssigkeit im Fokussierkegel mit einer geringen Absorption erreicht.

20 Um die obigen Bedingungen zu erreichen, wird die in der EP-A 0 515 983 verwendete Flüssigkeitskammer mit dem dort propagierten, die Flüssigkeit im Stillstand haltenden Flüssigkeitsstauraum vollständig vermieden. Die die Höhe der Flüssigkeitszuführung zur Düse weist etwa den Durchmesser des Düsenkanals auf oder ist nur geringfügig größer, um lediglich Strömungsverwirbelungen zu verringern.

30 Auch wird bei einer bevorzugten Ausführungsvariante in die zum Düsen Eintritt gegenüberliegende Wandung keine Fokussierlinse, wie bei der EP-A 0 515 983, eingebaut, sondern lediglich ein Fenster, welches die Laserstrahlung verlustfrei transmittiert. Nur durch dieses nahezu unmittelbar über dem Düsen Eintritt liegende Fenster ist es möglich, das Flüssigkeitsvolumen in der Spitze des Fokussierkegels so klein wie nur irgend möglich und die Strömungsgeschwindigkeit so hoch wie nur irgend möglich zu halten.

35 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante ist der Flüssigkeitseintrittsrand des Düsenkanals scharfkantig

ausgebildet. Infolge dieser scharfen Kante bildet sich eine Flüssigkeitsstrahlablösung an der Einlaßkante mit einem Luftpolster zwischen dem Flüssigkeitsstrahl und der Düsenkanalwandung aus. Luft hat einen kleineren Brechungsindex als die üblichen zu verwendenden Düsenmaterialien wie Quarz oder Saphir. Auch ist der Brechungsindex von Luft kleiner als derjenige der zu verwendenden Flüssigkeiten, d. h. es bildet sich ein Flüssigkeitsstrahl aus, der als nahezu idealer Strahlungsleiter wirkt. Die im Flüssigkeitsstrahl geführte Laserstrahlung ist somit von der Düsenwand "isoliert".

Das Luftpolster bewährt sich insbesondere dann, wenn der Brechungsindex des die Strahlung führenden Flüssigkeitsstrahls kleiner ist als derjenige der Düse, da dann ein Strahlungsübertritt erfolgen könnte. Ist der Brechungsindex der Flüssigkeit größer als derjenige des Düsenmaterials so tritt zwar an der Grenzfläche zwischen den beiden Medien (Flüssigkeit/Düsenwand) Totalreflexion auf, die Strahlung tritt jedoch bis zur sog. Endringtiefe ("frustrated-total-internal-reflection", "Goos-Hänchen-Shift") in das andere Material ein. Weist das Material der Düse dann einen bei der verwendeten Strahlung nicht mehr zu vernachlässigenden Absorptionskoeffizienten auf, so verhindert das Luftposter auch hier ein Eindringen der Strahlung und damit eine Beschädigung der Düsenwandung.

Dank der Ausbildung dieses Luftpolsters können sogar die Laserstrahlung absorbierende Materialien für die Düse verwendet werden, da das Polster diese von der Düsenwandung fernhält. Ferner ist hierdurch eine Justage des Fokussierkegels auf die Düsenkanalachse nicht mehr zwingend notwendig, da durch dieses Luftpolster die Strahlung auch bei einer geringen Dejustage die Düsenkanalwandung nicht mehr erreichen kann. Der Winkel des Fokussierkegels kann nun derart gewählt werden, daß er dem theoretischen Wert der numerischen Apertur des Flüssigkeitsstrahls entspricht.

Wird z. B. als Flüssigkeit ein Öl aus der Gruppe der Si-

- 7 -

likonöle, wie z. B. ein Polydimethylsiloxan oder ein Polymethylphenylsiloxan und Quarz als Düsenmaterial verwendet, so ist der Brechungsindex der Flüssigkeit höher als derjenige des Düsenmaterials. Der Düsenkanal erhält nun auch bei fehlendem Luftpolster die Eigenschaft eines Strahlungsleiters. In diesem Fall ist die Länge und Form des Düsenkanals unkritisch für die Strahlungsleitung. Es könnten sogar lange und gebogene Düsenkanäle realisiert werden.

10 Anstelle von Silikonöl können selbstverständlich auch andere elektrisch leitende sowie insbesondere elektrisch nichtleitende Flüssigkeiten verwendet werden. Sie sind derart auszuwählen, daß deren Absorption für die verwendete Laserwellenlänge sich mit Blick auf die in den Zuführungen im Umgebungs-
15 bereich der Düse erreichbaren Fließgeschwindigkeiten zur Vermeidung einer thermischen Linse in einem vertretbaren Rahmen halten. Als verwendbare Flüssigkeiten wird hier insbesondere auf diejenigen Flüssigkeiten hingewiesen, die bei Flüssigkeitsfasern eingesetzt werden.

20 Die vorgeschlagene Anordnung ermöglicht Flüssigkeitsstrahllängen von über 200 mm. Wird nämlich eine störungsfreie Strömung am Einlauf zum Düsenkanal gewährleistet, kann der Flüssigkeitsdruck gesteigert werden und die kompakte Flüssigkeitsstrahllänge steigt auf ein Maximum an, welches vor allem von der verwendeten Flüssigkeit und dem Düsen-
25 durchmesser abhängt. So ergibt sich z. B. für Wasser und einen Düsenkanaldurchmesser von 150 μm eine maximale kompakte Strahllänge von 150 mm bei 80 bar Flüssigkeitsdruck. Wird anstelle von Wasser ein Silikonöl verwendet, kann die kompakte Flüssigkeitsstrahllänge auf bis zu 500 mm gesteigert werden. Als kompakte Flüssigkeitsstrahllänge wird die Länge vor Beginn des "Zertropfens" bezeichnet. Dieses Zertropfen beruht auf nicht vermeidbaren Verwirbelungen, hervorgerufen
30 durch die Umgebungsluft sowie die Oberflächenspannung.

Die Zerfallslänge des Flüssigkeitsstrahls läßt sich über den Druck der Flüssigkeit vor dem Eintritt in den Düsenkanal

variieren. Eleganter ist jedoch das gezielte Einbringen einer Störung in die Flüssigkeit unmittelbar vor dem Düsenkanaleingang. Dies kann z. B. mit einem Piezoelement erfolgen, welches Druckstöße einer vorgegebenen Frequenz und Amplitude auf die Flüssigkeit ausübt. Die Länge des Flüssigkeitsstrahls ist dann von diesen Parametern abhängig. Die Einstellung der Flüssigkeitsstrahllänge ist dann wichtig, wenn Schichten unterhalb des zu bearbeitenden Materials vom Laserstrahl nicht getroffen werden sollen.

10

Des weiteren ist die Absorption des obigen Öls in einem weiten Wellenlängenbereich der Strahlung niedriger als diejenige von Wasser, so daß zum einen die Arbeitslänge nicht mehr durch die Absorption in der Flüssigkeit beschränkt wird, und zum anderen der Effekt der thermischen Linse vor der Düse vermieden bzw. sehr stark reduziert wird. Gleichzeitig ist eine Schutzwirkung vor Korrosion während und nach der Bearbeitung des Werkstücks gegeben.

20

Silikonöle besitzen eine Reihe für diese Art der Materialbearbeitung vorteilhafte Eigenschaften. Sie haben nämlich eine ausgezeichnete Oxidations-, Hydrolyse und Witterungsbeständigkeit. Auch weisen sie eine chemische Indifferenz auf, welche eine Korrosionsgefahr ausschließt. Sie zeichnen sich ferner durch eine äußerst geringe Brennbarkeit sowie eine hohe Kompressibilität aus.

30

Infolge der großen Länge eines Flüssigkeitsstrahls mit nahezu konstanter, hoher Strahlungsintensität ergibt sich eine um ein Vielfaches vergrößerte Arbeitslänge. Damit sind u. a. mehrschichtige Objekte, z. B. Objekte aus zwei Glasplatten mit einem Luftabstand, ... bearbeitbar, da der die hochenergetische Laserstrahlung führende Flüssigkeitsstrahl aus einer Schnittfuge oder einem Loch austretend, seine Eigenschaft als Strahlungsleiter weitgehend beibehält.

35

Eine optimale Einkopplung der Laserstrahlung wird erreicht, wenn der Fokuspunkt in die Ebene der Düsenöffnung

gelegt wird. Die der Düsenöffnung zugewandte Unterseite des die Laserstrahlung transmittierenden Fensters sollte sich in einem Abstand vom 200 μm bis 500 μm bei einem Düsendurchmesser von 100 μm befinden. Hierdurch wird ein die Ausbildung einer thermischen Linse begünstigender Flüssigkeitsstauraum vermieden.

Darüber hinaus erlaubt der in dem Flüssigkeitsstrahl geführte Laserstrahl parallele Schnittkanten. Hierdurch sind größere Materialstärken u. a. bei einem geringeren Materialverlust bearbeitbar.

Durch die Einkopplung des Laserstrahls in den Flüssigkeitsstrahl spielt die Strahlqualität des Lasers, welche u. a. durch eine Strahlführung in einem Strahlungsleiter verschlechtert wird, eine untergeordnete Rolle. Hierdurch sinken die Anschaffungskosten des Lasers. Ein Strahlungsleiter zur Strahlführung von der Laserquelle zu einem Einkopplungsort innerhalb des Bearbeitungsmoduls löst zudem sämtliche Sicherheitsprobleme der Strahlführung für den Benutzer. Bei der konventionellen Strahlfokussierung nur mit einem Fokussiersystem ohne Flüssigkeitsstrahl würde die schlechtere Strahlqualität zu einer noch kürzeren Arbeitslänge führen.

Die Verwendung eines Strahlungsleiters, ausgehend von der Laserquelle, die geringen geometrischen Abmessungen der Einkopplungsanordnung und die nicht mehr benötigte präzise Kontrolle eines Arbeitsabstands zwischen Fokussiereinheit und zu bearbeitender Werkstückoberfläche ergeben eine einfache Verschiebeanordnung des Bearbeitungsmoduls.

Die bei der konventionellen Strahlfokussierung auftretende Gefahr einer Verschmutzung der Fokussieroptik bzw. eines sie schützenden Schutzglases durch aufspritzendes, abgetragenes Material des Werkstücks entfallen. Ferner gewährt die Flüssigkeit des Flüssigkeitsstrahls ein sehr effizientes Kühlen der Bearbeitungszone, so daß keine thermische Belastung des Werkstücks an dessen Bearbeitungskanten auftreten

- 10 -

kann. Z. B. kann sich das Material nun auch nicht mehr beim Schneiden schmaler Stege verziehen. Außerdem führt diese Kühlung zu einer nur sehr geringen Aufhärtung der Bearbeitungszone, wodurch ein Nachbearbeiten, z. B. ein nachträgliches Gewindeschneiden, einfach durchzuführen ist.

Gleichzeitig wird eine Gas- und Staubentwicklung vermieden, da die Flüssigkeit das abgetragene Material bindet. Hierdurch entfallen teure Abluftfilteranlagen.

10

Es werden ferner Abbranderscheinungen durch die auftretende Flüssigkeit vermieden oder stark verringert. Die Bearbeitungsqualität ist sehr gut. Auch kann durch eine geeignete Wahl der Flüssigkeit ein Korrosionsschutz bei korrodierbaren Materialien erreicht werden.

15

In einem Vergleich zum bekannten Wasserstrahlschneiden von Werkstücken, bei dem ein Wasserstrahl mit zugemischten Abrasivstoffen unter bedeutend höherem Druck in Bezug auf das obige erfinderische Verfahren verwendet wird, kann bei dem hier benötigten geringen Druck ein einfaches Hydrauliksystem mit flexiblen Hydraulikleitungen verwendet werden. Hieraus ergibt sich auch ein einfaches Verschiebesystem des Bearbeitungsmoduls. Des weiteren ist der starke Verschleiß der Düsen, wie er beim Wasserstrahlschneiden auftritt, nicht vorhanden. Auch bereitet das Abbremsen des Flüssigkeitsstrahls bei der Erfindung keinerlei Schwierigkeiten.

20

25

Aus dem Stand der Technik ist als Flüssigkeit für den Flüssigkeitsstrahl lediglich Wasser bekannt. Erst durch das Auffangen, Wiederaufbereiten und Wiederverwendung der den Flüssigkeitsstrahl bildenden Flüssigkeit in einem insbesondere geschlossenen Kreislauf konnten aus Preisgründen andere Flüssigkeiten als Wasser verwendet werden.

30

35

Mit der Ausbildung der Flüssigkeitszuleitung bzw. -zuleitungen flüssigkeitsstauraumfrei im dem Düsenkanal zugeordneten Fokussierkegelspitzenbereich wurde festgestellt

- 11 -

werden, daß, sofern das Düsenmaterial und auch die Flüssigkeit aus elektrisch isolierendem Material bestehen, eine elektrische Aufladung der Flüssigkeit des Strahls erfolgt. Die Aufladung ergibt Spannungen von mehr als 5 kV. Wird nun
5 dieser elektrisch aufgeladene Flüssigkeitsstrahl auf das zu schneidende Material gerichtet, so gibt er seine Ladung an dieses Material ab. Wird nun z. B. Kupfer oder Aluminium mit der in einen Flüssigkeitsstrahl eingekoppelten Strahlung eines Nd:YAG- Lasers bearbeitet, so stellt man fest, daß die
10 Materialabtragungsrate stark von der Aufladung des Strahles abhängt.

Bei einer Strahlung eines gepulsten Nd:YAG-Lasers mit 250 mJ, einer Pulsbreite von 0,1 ms und einem Flüssigkeitsdruck von 10 bar erfolgt lediglich eine äußerst geringe Materialablation. Wird nun der Flüssigkeitsdruck auf 100 bar
15 gesteigert, so wird eine ausgezeichnete Abtragungsrate erzielt. Dieser Flüssigkeitsstrahl mit eingekoppelter Laserstrahlung erzeugt nun dank seiner elektrischen Aufladung bedeutend schneller ein Plasma auf dem zu bearbeitenden Material, was dessen Abtragungsrate erhöht. Dieser Effekt läßt sich noch weiter steigern durch eine Erhöhung des Druckes auf z. B. 1000 bar bzw. durch eine gezielte elektrische Aufladung der Flüssigkeit vor dem Düsen Eintritt.
20

Desweiteren kann die elektrische Aufladung des Flüssigkeitsstrahls dahingehend genutzt werden, daß dessen Ablenkung mit einem benachbarten elektrischen Feld vorgenommen wird.
25

Im folgenden werden Beispiele der erfindungsgemäßen Vorrichtung anhand der Zeichnungen näher erläutert. Vorteile der Erfindung ergeben sich aus dem nachfolgenden Beschreibungstext. Es zeigen:
30

35 Fig. 1 ein Blockschema einer Materialbearbeitungsvorrichtung,

Fig. 2 einen Längsschnitt durch den einen Düse für den Flüssigkeitsstrahl aufweisenden Unterteil des Bearbeitungsmoduls der Materialbearbeitungsvorrichtung, wobei hier zur Kenntlichmachung der Querschnitt der Flüssigkeitszuleitung 35 zum Düsenstein 43 stark vergrößert dargestellt ist, und

Fig. 3 einen gegenüber Figur 2 vergrößerten Längsschnitt durch den Düsenstein der Düse sowie die die Flüssigkeit ohne Stauraum zubringenden Flüssigkeitsleitung.

Die in Figur 1 dargestellte Materialbearbeitungsvorrichtung hat einen ND:YAG Laser 1 als Strahlungsquelle, der einen Laserstrahl 3 mit einer Wellenlänge von $1,064 \mu\text{m}$ aussendet. Der Laser 1 hat hier eine Leistung von 100 W. Dieser Laserstrahl 3 wird mit einer Fokussiereinheit 5 in einen Strahlungsleiter 6 mit einem typischen Kerndurchmesser von $100 \mu\text{m}$ bis $600 \mu\text{m}$, hier $200 \mu\text{m}$, eingekoppelt. Der Kerndurchmesser des Strahlungsleiters 6 wird entsprechend der zu führenden Strahlungsleistung ausgewählt. Er würde z. B. bei einem 500 W Laser $400 \mu\text{m}$ und bei einem 1 kW Laser $600 \mu\text{m}$ betragen. Der Strahlungsleiter 6 ist mit einem horizontal und in der Höhe verstellbaren Bearbeitungsmodul 7 zur Materialbearbeitung, auch Nozzle genannt, verbunden. Der Laser 1 braucht aufgrund der Strahlungsleitung über den Strahlungsleiter 6 nicht in unmittelbarer Nähe des zu bearbeitenden Werkstücks 9 bzw. des Bearbeitungsmoduls 7 angeordnet zu sein.

30

Unterhalb des Bearbeitungsmoduls 7 ist das zu bearbeitende, hier zu schneidende Werkstück 9 angeordnet. Unterhalb des Werkstücks 9 befindet sich ein Auffangbecken 11 für die Flüssigkeit eines durch den hier beispielsweise erzeugten Schnitt strömenden Flüssigkeitsstrahls 12. Die im Auffangbecken 11 aufzunehmende Flüssigkeit wird mit einem über eine Leitung 13 mit dem Auffangbecken 11 verbundenen Filter 15 gereinigt und dann in ein Reservoir 16 eingeleitet, aus dem

- 13 -

sie dann mittels einer Pumpe 17 über eine Leitung 19 zum Bearbeitungsmodul 7 zurückgeführt wird. Die Leitung 19 ist am Pumpenausgang über ein Überdruckventil 20 aus Sicherheitsgründen und zur Druckeinstellung in der Leitung 19 mit dem
5 Reservoir 16 verbunden.

Das Bearbeitungsmodul 7 hat einen Kollimator 21 zur Kollimierung der mit dem Strahlungsleiter 6 herangeführten Laserstrahlung, einen Düsenstein 43 mit einem Düsenkanal 23
10 zur Formung des gegen den Bearbeitungsort 24 auf dem Werkstück 9 gerichteten Flüssigkeitsstrahls 12 sowie eine Fokussierlinse 25 zur Fokussierung des kollimierten Laserstrahls 27 in die Ebene 29 der Eingangsöffnung 30 am Ort der Düsenachse 31 des Düsenkanals 23 des Düsensteins 43, wie in
15 Figur 3 vergrößert dargestellt ist. Oberhalb der Düseneingangsöffnung 30 ist ein scheibenförmiger Flüssigkeitszuführraum 35 als Flüssigkeitszuführleitung vorhanden. Der Flüssigkeitszuführraum 35 weist in der Umgebung der Düseneingangsöffnung 30 keinen als Stauraum wirkenden Flüssigkeitsraum auf. Die Höhe des Flüssigkeitszuführraums 35 müßte theoretisch lediglich den halben Querschnitt des Düsenkanals 23 aufweisen. Sie wurde jedoch zur Reduzierung des Rohrreibungsverlusts der Flüssigkeit sowie zur Vermeidung von Verwirbelungen etwas größer gewählt. In die Wandung des Flüssigkeitszuführraums 35 ist oberhalb der Düseneintrittsöffnung 30 ein bevorzugt antireflex vergütetes Fenster 36 eingesetzt, durch welches die Laserstrahlung mit der Fokussierlinse 25 in die Ebene 29 der Eingangsöffnung 30 des Düsenkanals 23 fokussierbar ist.

30

Der Rand 37 der Düseneingangsöffnung 30 ist scharfkantig mit einem Radius kleiner $50\text{ }\mu\text{m}$, bevorzugt kleiner $5\text{ }\mu\text{m}$ ausgebildet. Infolge dieses scharfkantigen Rands 37 bildet sich eine Ablösung des Flüssigkeitsstrahls vom oberen Düsenrand 37 mit einem darunterliegenden Luftpolster 39 aus. Da
35 Luft einen kleineren Brechungsindex hat als die üblichen zu verwendenden Düsenmaterialien wie Quarz oder Saphir und auch der Brechungsindex von Luft kleiner ist als derjenige des

verwendeten Silikonöls als bevorzugte Flüssigkeit, bildet sich der Flüssigkeitsstrahl 12 als ein nahezu idealer Strahlungsleiter aus. Auf die Auswirkungen der unterschiedlichen Brechungsindizes von Düsenmaterial und Flüssigkeit sei auf
5 die Ausführungen in der Beschreibungseinleitung hingewiesen. Die Düsenaustrittsöffnung 40 ist gegenüber der Eintrittsöffnung 30, beginnend bereits im oberen Düsenkanaldrittel 41, erweitert. Durch diese Erweiterung 42 wird eine Verwirbelung des im Düsenkanal 23 befindlichen Luftpolsters 39 vermieden.

10

Der den Flüssigkeitsstrahl 12 formende Düsenkanal 23 des "Düsensteins" 43 ist, wie in Figur 2 dargestellt, in einem eine zentrische Durchgangsbohrung 45 für den Flüssigkeitsstrahl 12 aufweisenden Düsensteinhalter 46 in einem Bodenelement 47 des Bearbeitungsmoduls 7 gehalten. Die Abdichtung erfolgt seitlich durch einen Dichtring (O-Ring) 49. Die die Flüssigkeit zuführende Leitung 19 ist an einem Flansch 50 anflanschbar.

20

Das Fenster 36 ist in einer zentrischen Ausnehmung 51 eines Einsatzes 53 angeordnet. Die Abdichtung des Fensters 36 gegenüber dem Einsatz 53 erfolgt ebenfalls mit einem Dichtring 54. Es kann auch eingeklebt werden. Der Einsatz 53 weist einen konischen Innenraum 55 auf, dessen Konizität dem Fokussierkegel 56 der mit der Fokussierlinse 25 zu fokussierenden Laserstrahlung angepaßt ist. Der Einsatz 53 hat ferner ein Außengewinde 57a, mit dem er in ein Innengewinde 57b eines Grundkörperunterteils 59 des Bearbeitungsmoduls 7 eingeschraubt ist. Der Einsatz 53 hat mehrere koaxial verteilte, axiale Flüssigkeitskanäle 61a und 61b, deren
25 Breite derart gewählt ist, daß sie die Flüssigkeit sicher in den Flüssigkeitszuführraum 35 überleiten. Die Höhe des Flüssigkeitszuführraums 35 wird durch die Einschraubtiefe des Einsatzes 53 eingestellt. Die Flüssigkeitskanäle 61a und 61b
30 könnten auch entgegen der Darstellung in Figur 2 als vom Außengewinde 57a ausgehende Schlitzte ausgebildet sein. Die Flüssigkeitskanäle 61a und 61b münden mittels je eines Übergangskanals 62a bzw. 62b in einen koaxial zur Düsenachse 31

35

- 15 -

im Grundkörperunterteil 59 verlaufenden Ringkanal 63, der mit dem Flansch 50 verbunden ist. Der Einsatz 53 ist nach oben durch eine weitere Dichtung 65 abgedichtet. Der Grundkörperunterteil 59 ist in den nicht explizit dargestellten Grundkörper des Bearbeitungsmoduls 7 über ein Außengewinde 66 einschraubbar.

Das Bodenelement 47 weist ein Innengewinde 67a auf, mit dem es auf ein Außengewinde 67b des Grundkörperunterteils 59 aufschraubbar ist. Da der Düsensteinhalter 46 mit dem Düsenstein 43 lediglich in das Bodenelement 47 eingesetzt ist, ist ein rasches Auswechseln des Düsensteins 43 möglich, falls z. B. ein Flüssigkeitsstrahl 12 mit einem anderen Strahlquerschnitt verwendet oder er ausgewechselt werden soll.

Anstelle von Wasser und Silikonölen können auch andere Flüssigkeiten sowie (echte bzw. kolloidale) Lösungen von Stoffen gemäß den obigen Bedingungen verwendet werden.

Statt den Flüssigkeitszuführraum 35 scheibenförmig auszubilden, kann er auch kegelförmig mit einem spitzen Halbwinkel hergestellt werden, wobei der Winkelscheitel (Kegelspitze) dann über der Düseneingangsöffnung zu liegen kommt. Das Fenster 36 ist dann keine planparallele Platte mehr, sondern weist an der der Düseneingangsöffnung zugewandten Seite eine Pyramidenspitze und an der entgegengesetzten Seite eine sphärische Kontur auf, um die zerstreuende Wirkung der Pyramidenspitze auszugleichen. Durch diese Ausgestaltung ergibt sich eine bessere Anströmung des Düseneingangs.

Beim Schneiden von Sandwich-Strukturen wird bevorzugt das Werkstück 9 oder das Bearbeitungsmodul 7 nur schrittweise bewegt. Jedes der einzelnen Strukturelemente kann dann nacheinander mit aufeinanderfolgenden Pulsen durchtrennt werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Materialbearbeitung mit einem Laser (1)
5 und einem Bearbeitungsmodul (7) zur Formung eines Flüssigkeitsstrahls (12) sowie Einkopplung der mit einer Fokussiereinheit (21, 25) fokussierten Laserstrahlung in diesen, dadurch gekennzeichnet, daß eine Flüssigkeit mit einem ausreichend kleinen Strahlungsabsorptionskoeffizienten gewählt und/oder die Flüssigkeitsströmgeschwindigkeit im Strahlengang in Strahlrichtung bis zum Einkoppelort, bevorzugt im Spitzenbereich des Fokussierkegels (56) ausreichend hoch vorgegeben ist, damit im Flüssigkeitsbereich zwischen Fokussieroptik und dem Fokus die
10 Bildung einer thermischen Linse soweit unterdrückbar ist, daß kein wesentlicher Strahlungsteil die Düsenwandung trifft.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
20 die Flüssigkeitszuführungsleitung bzw. -leitungen (35) im Spitzenbereich des Fokussierkegels (56) im Bereich des Düsenkanals (23) gerade nur so groß ausgebildet ist bzw. sind, wie es der Flüssigkeitsfluß durch den Düsenkanal (23) erfordert.
- 25 3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeitszuführleitung bzw. -leitungen (35) flüssigkeitsstauraumfrei im dem Düsenkanal (23) zugeordneten Fokussierkegelspitzenbereich ausgebildet ist bzw. sind.
- 30 4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, gekennzeichnet durch eine für die Laserstrahlung transparente, den Flüssigkeitsfluß nicht verändernde Abdeckung (36) als Wandung der Flüssigkeitszuführleitung bzw. -leitungen (35) in
35 unmittelbarer Nähe des Düsenkanals (23).
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens die mit der Flüssigkeit

- in Verbindung stehenden Oberflächen des Düsenkanals (23) und des Bereichs der Düsenöffnung (30) sowie die Flüssigkeit elektrisch isolierend sind und die Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit im Bereich der Düsenöffnung (30) und des Düsenkanals (23) derart hoch gewählt ist, daß eine elektrische Aufladung des Flüssigkeitsstrahls erfolgt, um die Materialabtragungsrate zu erhöhen.
- 5
- 10 6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Flüssigkeitseintrittsrand (37) des Düsenkanals (23) scharfkantig, bevorzugt mit einem Radius kleiner 50 μm , insbesondere kleiner 5 μm ausgebildet ist.
- 15
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Düsenaustrittsöffnung (40) gegenüber der Eintrittsöffnung (30) erweitert ist und eine Erweiterung des Düsenkanals (23) bevorzugt bereits in
- 20 dessen oberem Drittel beginnt.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch einen Strahlungsleiter (6) zur Zuführung der Laserstrahlung von einem bevorzugt räumlich entfernt sich befindenden Laser (1) zur Fokussiereinheit (21,
- 25 25).
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Fokussiereinheit (21, 25) die
- 30 Laserstrahlung in den Düsenkanal (23), bevorzugt in die Ebene (29) der Eingangsöffnung (30) am Ort der Düsenachse (31) des Düsenkanals (23) fokussiert.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch
- 35 gekennzeichnet, daß die Flüssigkeit ein Silikonöl, insbesondere aus der Gruppe der Polymethylsiloxane ist, und die Laserstrahlung im Wellenlängenbereich zwischen 0,25 μm und 2,1 μm liegt.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, gekennzeichnet durch ein Auffangbecken (11) zum Auffangen der bei einer Materialbearbeitung aus einem Werkstück durch-
5 bruch hindurchtretenden und/oder von dem Werkstück abfließenden Flüssigkeit und eine Pumpe (17) mit einer Filtereinheit (15), mit der die aus dem Auffangbecken (16) abpumpbare Flüssigkeit gereinigt zum Düsenkanal (23) zurückbringbar ist.
- 10
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, gekennzeichnet durch ein Kupplungselement (66, 50), mit dem das Bearbeitungsmodul (7) an eine räumlich veränderbare Verstelleinheit, insbesondere einen Knickarmroboter so-
15 wie an eine Flüssigkeits- und/oder Strahlungszuführung anbaubar ist.

1/2

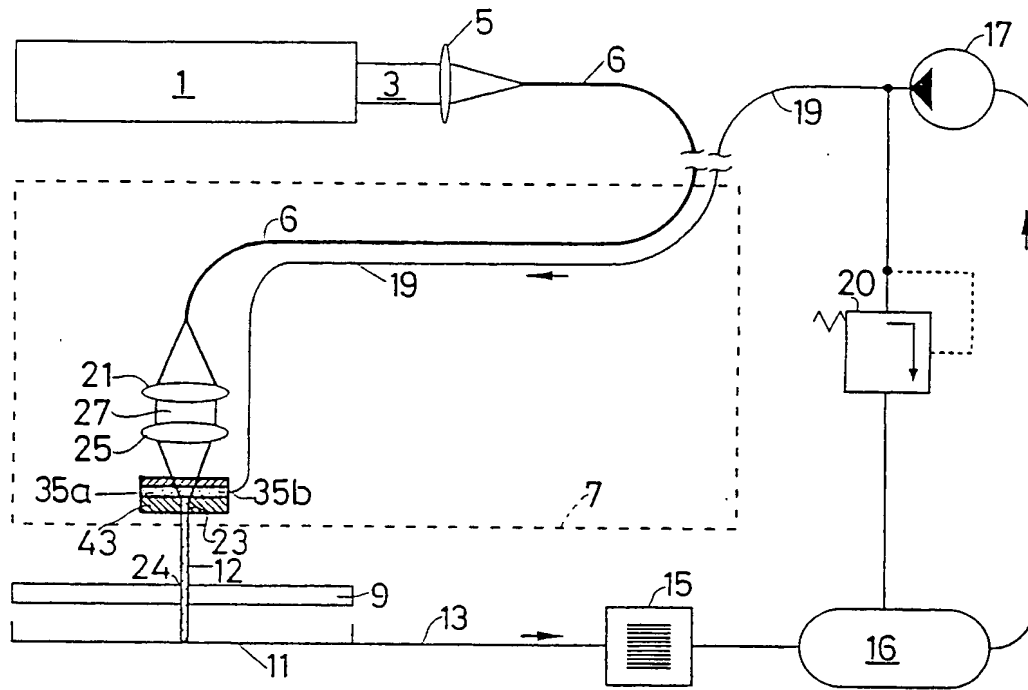


Fig. 1

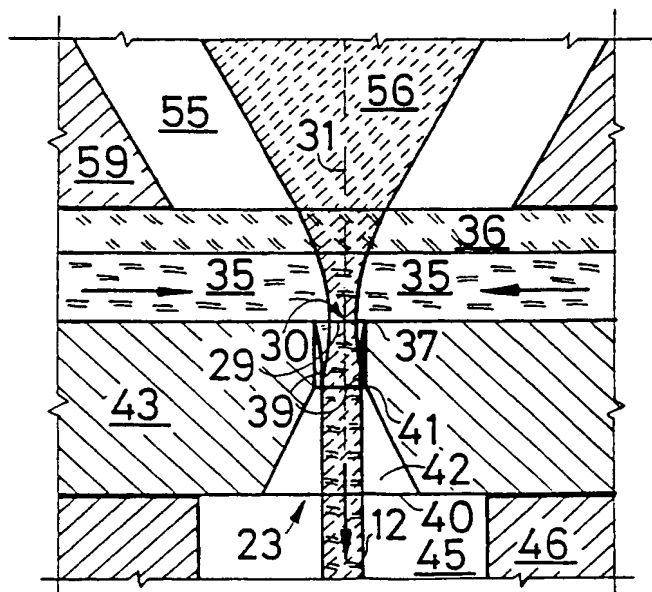
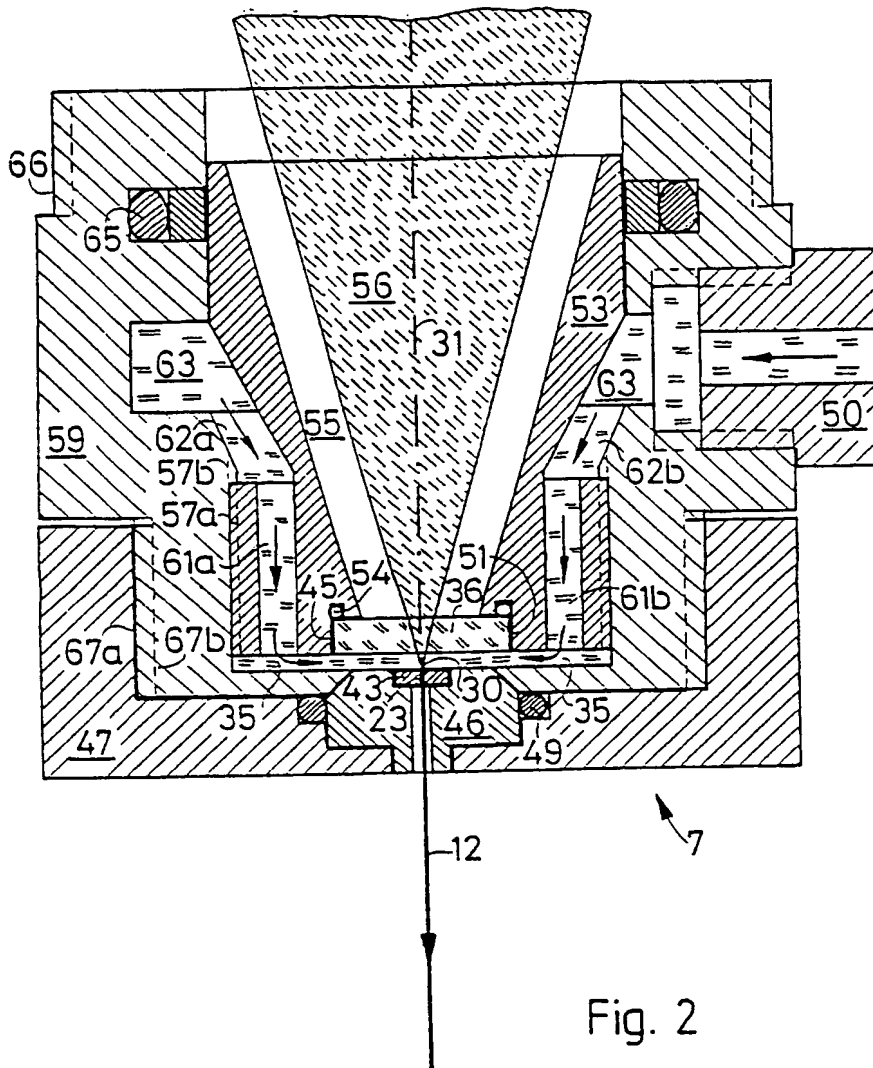


Fig. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. nat. Application No.

PCT/IB 95/00390

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 B23K26/12 B23K26/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE,A,36 43 284 (AESCULAP-WERKE AG) 30 June 1988 cited in the application see the whole document ---	1-4,8
Y	EP,A,0 450 313 (I.B.M.) 9 October 1991 see column 2, line 56 - column 3, line 12 ---	1-4,8
A	WO,A,90 02628 (INSTITUT FISIKA AKADEMII NAUK LITOVSKOI SSR) 22 March 1990 abstract ---	1-4,8-12
A	WO,A,90 14195 (FANUC LTD) 29 November 1990 abstract -----	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 August 1995

Date of mailing of the international search report

11.08.95

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tlx. 31 651 epo nl,
Fax (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Herbreteau, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. Natl Application No
PCT/IB 95/00390

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE-A-3643284	30-06-88	DE-A- 3772578 WO-A- 8804592 EP-A, B 0338005 US-A- 4952771	02-10-91 30-06-88 25-10-89 28-08-90
EP-A-0450313	09-10-91	US-A- 5057184 JP-A- 4228284	15-10-91 18-08-92
WO-A-9002628	22-03-90	CH-A- 678028 GB-A- 2230222 US-A- 5059256	31-07-91 17-10-90 22-10-91
WO-A-9014195	29-11-90	JP-A- 2303695	17-12-90

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/IB 95/00390

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 B23K26/12 B23K26/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 6 B23K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE,A,36 43 284 (AESCULAP-WERKE AG) 30.Juni 1988 in der Anmeldung erwähnt siehe das ganze Dokument ---	1-4,8
Y	EP,A,0 450 313 (I.B.M.) 9.Oktober 1991 siehe Spalte 2, Zeile 56 - Spalte 3, Zeile 12 ---	1-4,8
A	WO,A,90 02628 (INSTITUT FISIKA AKADEMII NAUK LITOVSKOI SSR) 22.März 1990 Zusammenfassung ---	1-4,8-12
A	WO,A,90 14195 (FANUC LTD) 29.November 1990 Zusammenfassung -----	1-12

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "I" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. August 1995

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

11.08.95

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tlx. 31 651 epo nl,
Fax (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Herbreteau, D

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/IB 95/00390

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE-A-3643284	30-06-88	DE-A- 3772578 WO-A- 8804592 EP-A, B 0338005 US-A- 4952771	02-10-91 30-06-88 25-10-89 28-08-90
EP-A-0450313	09-10-91	US-A- 5057184 JP-A- 4228284	15-10-91 18-08-92
WO-A-9002628	22-03-90	CH-A- 678028 GB-A- 2230222 US-A- 5059256	31-07-91 17-10-90 22-10-91
WO-A-9014195	29-11-90	JP-A- 2303695	17-12-90